

такий спосіб, щоб у разі завантаження матеріалів деякі типи метаданих були визначені за замовчуванням для даної колекції. Таке конфігурування сприяє зменшенню помилок під час додавання матеріалів, а отже підвищує якість матеріалів та заощаджує час технічних редакторів колекції.

Значну увагу було приділено спільно з працівниками бібліотеки до підготовки метаданих матеріалів. У системі додали нові поля, специфічні для опису навчальних ресурсів навчального процесу. Наприклад, такими полями були: предмет, клас для якого підготовлено ресурс. Відповідно до нових метаданих змінено поля, за якими буде здійснюватися розширений пошук у репозитарії.

Для науково-педагогічних працівників інституту та методистів-завідувачів районними методичними проведено ряд тренінгів та консультацій щодо самостійного розміщення публікацій у репозитарій.

Щодня репозитарій поповнюється новими матеріалами, на сьогодні містить 3100 документів. Серед них – статті та презентації працівників інституту та розробки педагогів області

### ***Література:***

1. DSpace– Available from: <http://www.dspace.org/>
2. The Directory Of Open Access Repositories – Opendoar / University Of Nottingham. – Available from: <http://www.openoar.org/>.

### ***Використання мови R для ідентифікації параметрів ARFIMA-моделі***

*Рабик В.Г., Болеста В.І., Червінський М.І.*

*Факультет електроніки Львівського національного університету  
імені Івана Франка, RabykV@ukr.net*

This work is devoted to the identification of the parameters of ARFIMA(p,d,q) time series model. The algorithm of the parameters estimation using R programming language functions from fracdiff and forecast packages is discussed in details.

У разі аналізу часових рядів зі складною структурою часто використовують ARIMA(p,d,q) моделі. З їх допомогою моделюються різні випадки, які зустрічаються при аналізі стаціонарних і нестаціонарних рядів. При цьому першим кроком є, як правило, визначення порядку інтегрованості ряду. Переважно при цьому обмежуються вибором між d рівним 0 і 1. Випадок d=0 відповідає короткій пам'яті ряду, тоді як d=1 – нескінченній пам'яті. При цьому не враховується проміжна ситуація, коли пам'ять процесу є довгою. Для вирішення цієї проблеми в роботі [1] було запропоновано новий клас ARFIMA(p,d,q)-моделей, які допускають можливість дробового параметру d.

Процес  $\{X_t\}$  описується ARFIMA(p,d,q)-моделлю

$$\varphi(L)\Delta^d(x_t) = \Theta(L)\varepsilon_t, \quad (1)$$

де  $L$  – оператор зсуву,  $\Delta = (1 - L)$ ,  $p$  і  $q$  – степені поліномів відповідно авторегресивної моделі (AR) і моделі ковзного середнього (MA),  $d$  – параметр фрактальної інтегрованості,

$$\Phi(L) = 1 - \varphi_1 * L - \varphi_2 * L^2 - \dots - \varphi_p * L^p, \quad (2)$$

$$\Theta(L) = 1 + \theta_1 * L + \theta_2 * L^2 + \dots + \theta_q * L^q, \quad (3)$$

$\varepsilon_t$  – білий шум з нульовим середнім значенням і деякою постійною дисперсією  $\sigma^2$ ,

$$\Delta^d = (1 - L)^d = \sum_{k=0}^{\infty} \binom{d}{k} (-1)^k L^k = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k-d)}{\Gamma(-d)\Gamma(k+1)} L^k, \quad (4)$$

де  $-0,5 < d < 0,5$  і  $\Gamma(\cdot)$  – гамма-функція.

При значеннях параметру  $|d| < 0,5$  ARFIMA(p,d,q) процес є стаціонарним. При  $0 < d < 0,5$  вважається, що процес має «довгу пам'ять», а при  $-0,5 < d < 0$  – «коротку пам'ять».

ARFIMA(p,d,q) є зручним інструментом аналізу часових рядів, оскільки дає можливість одночасного моделювання ефектів довгої та короткої пам'яті.

Основні кроки алгоритму оцінки параметрів ARFIMA(p,d,q)-моделі [2]:

1. Оцінка параметру  $d$  ARFIMA(p,d,q)-моделі ( $\hat{d}$ ).
2. Обчислення  $\hat{u}_t = (1 - L)^{\hat{d}} x_t$ , де  $u_t \in \text{ARMA}(p, q)$  процесом.
3. Оцінка параметрів  $p, q$  ( $\hat{p}, \hat{q}$ ) і  $\varphi, \Theta(\hat{\varphi}, \hat{\Theta})$  ARMA(p,q) процесу  $\Phi(L)\hat{u}_t = \Theta(L)\varepsilon_t$ .
4. Обчислення  $\hat{y}_t = \frac{\hat{\Phi}(L)}{\hat{\Theta}(L)} (1 - L)^{\hat{d}} x_t$ .
5. Оцінка параметру  $d$  ARFIMA(0, d, 0)-моделі  $(1 - L)^d \hat{y}_t = \varepsilon_t$ .
6. Значення параметру  $d$ , отримане на цьому кроці є новою оцінкою. Повторення кроків 2-5 виконується до тих пір, поки параметри  $\hat{d}$ ,  $\hat{\varphi}$  і  $\hat{\Theta}$  не будуть отримані із заданою точністю.

Для оцінки параметру  $d$  ARFIMA(p,d,q)-моделі мовою R використовувалися функції `fdGPH` і `fdSperio`, які входять до складу пакету `fracdiff` [3]. Функція `fdGPH` оцінює параметр методом GPH. Звертання до функції має вигляд:

`dfGPH(xt, bandw.exp=0.5)`,  
де  $\{xt\}$  – часовий ряд, а `bandw.exp` – діапазон частот, який використовується в рівнянні регресії. Діапазон частот обчислюється як `bw=trunc(n^bandw.exp)`, де  $0 < \text{bandw.exp} < 1$  і  $n$  – розмір вибірки часового ряду. Функція також знаходить асимптотичне стандартне відхилення і стандартне відхилення похибки оцінки параметра  $d$ .

Функція `fdSperio` використовує для оцінки параметру  $d$  ARFIMA( $p, d, q$ )-моделі метод Reisen'a. Він базується на рівнянні регресії з використанням згладженої функції періодограми для оцінки спектральної густини. Звертання до цієї функції:

```
fdSperio(xt, bandw.exp = 0.5, beta = 0.9),
```

де  $\{xt\}$  – часовий ряд, а `bandw.exp` – діапазон частот, який використовується в рівнянні регресії, а `beta` – діапазон частот, який використовується в вікні затримки Reisen'a. Для знаходження діапазонів частот використовуються вирази  $bw = \text{trunc}(n^{\wedge} \text{bandw.exp})$ , де  $0 < \text{bandw.exp} < 1$  і  $bw2 = \text{trunc}(n^{\wedge} \text{beta})$ ,  $0 < \text{beta} < 1$ ,  $n$  – розмір вибірки часового ряду.

Для автоматичного вибору оптимальної ARFIMA( $p, d, q$ )-моделі і оцінки її параметрів використовується функція `arfima` пакету `forecast` [4]. Звертання до функції `arfima`:

```
arfima(x, drange=c(0, 0.5), estim=c("mle", "ls"), lambda=NULL, ...),
```

де  $\{xt\}$  – одномірний часовий ряд, `drange` – допустимий діапазон значення  $d$ . (за замовчуванням величина  $d$  визначається в діапазоні  $(0, 0.5)$ , що забезпечує стаціонарну ARFIMA( $p, d, q$ )-модель); `estim` – якщо `estim=="ls"`, то тоді параметри ARMA розраховуються за допомогою алгоритму Haslett і Raftery, якщо ж `estim=="mle"`, то тоді параметри ARMA уточнюються з допомогою функції `arima`; `lambda` – параметр трансформації Вох-Сох, який ігнорується, якщо задано `NULL`.

Мовою програмування R реалізована програма `TS_ARFIMA`, яка дає змогу ідентифікувати параметри ARFIMA( $p, d, q$ )-моделі. Програма використовує функції пакетів `fracdiff` і `forecast`. Для її тестування використовувалося моделювання часового ряду у вигляді ARFIMA-моделі з заданими параметрами  $p$ ,  $d$ ,  $q$  і коефіцієнтами  $\varphi$ ,  $\theta$  з допомогою функції `arfima.sim` пакету `arfima` [5].

### Джерела:

1. Hosking J. R. M. Fractional Differencing. *Biometrika*, Vol. 68, N. 1, 1981, P. 165-176. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.imperial.ac.uk/~ejm/M3S8/Problems/hosking81.pdf>
2. Reisen V., Abraham B., Lopes S. Estimation of Parameters in ARFIMA Processes: A Simulation Study. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mat.ufrgs.br/~slopes/artigos/verfinal.pdf>
3. Package 'fracdiff'. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/packages/fracdiff/fracdiff.pdf>
4. Package 'forecast'. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf>
5. Package 'arfima'. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/packages/arfima/arfima.pdf>